

# La Matemática Aplicada entre lo divino y lo humano

L. L. BONILLA, A. LIÑÁN Y J. M. VEGA

Departamento de Matemáticas, Escuela Politécnica Superior,  
Universidad Carlos III de Madrid ;

Departamento de Motopropulsión y Termofluidodinámica,  
Universidad Politécnica de Madrid ;

Departamento de Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería  
Aeronáutica, Universidad Politécnica de Madrid

bonilla@ing.uc3m.es, alinan@aero.upm.es,  
vega@fmetsia.upm.es

España es la décima potencia mundial si consideramos el número de artículos de Matemáticas publicados en un año con un autor español por lo menos <sup>1</sup>. Cuando estos artículos se ponderan con su índice de impacto y se toma la media mundial como cero, el índice español en Matemáticas es  $-13$  <sup>2</sup>. Esta situación es particularmente grave en el área de Matemática Aplicada. Según el informe Andradás-Zuazua (que expurgó los artículos matemáticos aparecidos en revistas relevantes de Física, Mecánica de Medios Continuos, Mecánica de Fluidos, etc. e incluso en la revista SIAM Journal on Applied Mathematics), la revista en que más publican los “matemáticos aplicados” españoles es Proceedings of the American Mathematical Society, una revista que se encuentra año tras año en el último cuarto de la lista de Matemática Aplicada del índice de impacto JCR. Anecdóticamente, la ANECA reconoce esta situación usando baremos más bajos para Matemáticas que para las otras disciplinas científicas.

Esta situación de inflación en la producción española de Matemática Aplicada, y de baja relevancia de la misma, hunde sus raíces en la formación que reciben los licenciados en Matemáticas. *Nihil ex nihilo*. Si el matemático aplicado español no ha estudiado con suficiente profundidad una disciplina científica y, por tanto, ignora qué considera un científico o ingeniero problema relevante en su área y qué considera una solución admisible a dicho problema, el trabajo de este matemático aplicado en áreas aplicadas será probablemente un ejercicio en escolasticismo. Por tanto, consideramos que una parte apreciable de los créditos docentes a incluir en los nuevos planes de estudio de Matemáticas debe dedicarse a lograr que los futuros matemáticos, y muy especialmente los aplicados, aprendan suficientemente una disciplina científica. Deben entender el

papel primordial que tiene contrastar los resultados teóricos con la realidad a través de experimentos, y que los resultados de un buen experimento sirven para decidir qué teorías descartar y cuáles seguir (con independencia de su posible valor estético). Si los nuevos planes de estudio de Matemáticas se elaboran desde esta perspectiva, con un interés genuino por transmitir en la enseñanza la potencia y versatilidad de las Matemáticas, se conseguirá, sin duda, que los licenciados tengan acceso, de un modo natural, a puestos de trabajo que les están vedados en la actualidad. Si, en cambio, se ignoran estas realidades o, aún peor, se buscan soluciones tramposas, se perderá una magnífica ocasión de evitar que a las facultades de Matemáticas sólo accedan, y en cantidad decreciente, alumnos con una clara vocación por la docencia o la investigación en Matemáticas, o alumnos sin calidad suficiente para acceder a estudios más estimulantes o competitivos.

Una parte sustancial de los resultados matemáticos no triviales se generan en el modelado y formulación de problemas matemáticos en Ciencias Físicas, Biológicas, etc. y en Tecnologías. Para llevar a cabo esta labor, se requieren conocimientos y formación tanto en Matemáticas como en el campo de las aplicaciones de que se trate. Sólo así se puede aportar algo relevante al modelado y a la resolución teórica (simulación, análisis, etc.) de un problema surgido en un contexto científico o tecnológico y, posiblemente, a las propias Matemáticas. La aportación científica o tecnológica se debe dar a conocer en aquellas publicaciones que los científicos o ingenieros usan en su trabajo, es decir, en las revistas de referencia del campo. Las revistas estrictamente matemáticas informarán de su trabajo a otros matemáticos, pero no a los destinatarios naturales de los resultados de la Matemática Aplicada. Algunas de estas revistas contienen siempre o con frecuencia resultados que son genuinamente de Matemática Aplicada. Unos pocos ejemplos de estas revistas: *SIAM Journal on Applied Mathematics*, *Physica D*, *Physical Review A-E*, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* (la revista de referencia para Mecánica de Sólidos), *Proceedings of the Royal Society of London A*, *Journal of Fluid Mechanics* (la revista de referencia para Fluidos), *Combustion Theory and Modelling*, *Journal of the Optical Society of America* (la revista de referencia para Óptica, incluyendo óptica no lineal, propagación de luz en medios dispersivos, etc.).

Demostrar teoremas no es, ni de lejos, el único producto de la actividad en Matemática Aplicada. Con frecuencia, tal limitación puede conducir a bendecir matemáticamente resultados conocidos desde hace décadas y, a menudo, obsoletos, renunciando a atacar mediante métodos no rigurosos los problemas realmente candentes. Como ejemplo, los métodos de perturbaciones singulares, cuya justificación rigurosa sólo se ha podido hacer en algunos casos particulares, sirven para simplificar modelos matemáticos (modelizar matemáticamente) en límites realistas, y para obtener aproximaciones de las soluciones, que conducen a una descripción cuantitativa muy útil de su estructura espacio-temporal. Muchas veces estos métodos aclaran cuál es el comportamiento cualitativo de las soluciones del problema y cuáles son los ingredientes fundamentales del modelo. Estos métodos se aplican en situaciones en que aparecen parámetros grandes o

pequeños asociados a una disparidad de escalas espaciales, temporales o espacio-temporales. En estos casos, la simulación numérica directa es costosa o incluso problemática (problemas stiff, problemas en que no se sabe a priori cuáles son los efectos más importantes que hay que incluir en la formulación de modelo). Y hay en España grupos competitivos internacionalmente que utilizan con éxito las técnicas de perturbaciones singulares (cuyo uso raramente es rutinario) como herramienta esencial.

La situación de penuria de la Matemática Aplicada española tiene su fiel reflejo en el reciente Plan Nacional de Matemáticas. Ésto salta a la vista hojeando el desglose de temas de investigación por áreas de la Matemática recogidas en la primera convocatoria de proyectos de investigación encuadrados en el Plan Nacional. Mientras que las áreas tradicionales de la Matemática se desglosan de manera reconocible y entendible por cualquier matemático, los epígrafes de la Matemática Aplicada, o bien ya están incluidos en Ecuaciones Diferenciales (caso de las ecuaciones diferenciales ordinarias o en derivadas parciales), o incluyen al mismo nivel general casos particulares de métodos de perturbaciones singulares (homogeneización y métodos multiescala). Además, se resalta solamente un área de las aplicaciones (Mecánica de Medios Continuos), y se añade “Aplicaciones”, por si acaso hay en el mundo otras áreas que se les hayan podido olvidar a los redactores del Plan.

Dada la escasa formación de muchos matemáticos en campos donde se aplica la Matemática, la evaluación de proyectos en Matemática Aplicada constituye un problema serio al que no se ha prestado la debida atención. En la situación actual, un proyecto original de Matemática Aplicada, que contribuya de forma notable a resolver problemas científicos mediante el modelado, resolución numérica, análisis asintótico, etc. corre el riesgo de ser pospuesto, o incluso rechazado, por no tener como meta demostrar teoremas y porque el evaluador matemático típico no sabe valorar la aportación original del proyecto. Por tanto, cada matemático aplicado que redacta un proyecto debe sopesar cuidadosamente si no le conviene más enviar su proyecto al área científica o tecnológica correspondiente para que se evalúe adecuadamente la aportación real del proyecto. En muchos casos estas consideraciones hacen que proyectos de Matemática Aplicada se encaucen a través de otras disciplinas. Si, en cambio, se incluyera un informe científico o tecnológico (escrito por un profesional de la ciencia o ingeniería pertinente) de cada proyecto de Matemática Aplicada, se tendría una opinión relevante sobre la viabilidad e interés del proyecto y, seguramente, se conseguiría que más proyectos verdaderamente aplicados se dirigieran al área de Matemática Aplicada, y que proyectos cuyos aspectos aplicados son inviables o inexistentes se evaluaran por su mérito matemático intrínseco, sin hojas de parra de “interés para las aplicaciones”.

Un problema grave de la Matemática Aplicada española es que el área de conocimiento del mismo nombre es excesivamente numerosa. Y ha servido en ciertos casos para “colocar” a numerosos matemáticos puros en Escuelas de Ingeniería, travestidos como “matemáticos aplicados”. Ésto causa distorsiones, tanto en los aspectos investigadores comentados antes como en la docencia que se imparte. Por buena voluntad que muchos de estos profesionales “aplicados”

pongan, no saber para qué sirven los conocimientos que se imparten a los ingenieros da lugar a numerosas paradojas, tanto en el nivel de rigor exigido como en el tratamiento u omisión de temas importantes. Por ejemplo, se puede divagar sobre el pecado que se comete al hablar de *el arco seno* en lugar del más correcto *un arco seno*, siendo la función arco seno multivaluada, y omitir explicar la transformación conforme y sus aplicaciones en la resolución de problemas potenciales planos, y otros temas de interés para un alumno de ingeniería industrial, aeronáutica o de telecomunicación. La falta de un lenguaje y cultura comunes con los ingenieros no ayuda precisamente a que estos problemas se detecten y resuelvan. Por otro lado, el “matemático aplicado” insiste en usar como vara de medir para resolver plazas de Matemática Aplicada (a nivel de oposición o de contratos) la existencia de teoremas en los trabajos de los solicitantes (aunque dichos teoremas puedan ser sólo variantes conocidas de otros demostrados muchos años antes) y, desde luego, no la relevancia de estos trabajos en el ámbito de la Matemática Aplicada o de la disciplina aplicada de que se trate. Esta mentalidad realimenta la situación de la Matemática Aplicada española antes mencionada y hace que sea muy difícil que se consoliden grupos verdaderamente aplicados en España. Cuesta bastante tiempo y esfuerzo formar a un matemático aplicado, bastante más que a un matemático puro, porque el aplicado debe entender también cómo se modelan y resuelven problemas en otras disciplinas lo que, en gran medida, se aprende por experiencia. Estas carencias en la formación inicial sólo pueden compensarse con un esfuerzo considerable, como el que ya han hecho algunos matemáticos españoles, en cuyo trabajo se aprecia un esfuerzo genuino por las aplicaciones.

El sistema actual de acceso al funcionariado mediante habilitación es muy dudoso que resuelva nada por dos razones. La primera, que el número de habilitados que aparece tras el parto de los montes de cada proceso de habilitación es ridículo por lo exiguo. La segunda razón es que el resultado de dichas habilitaciones es aleatorio por la fragmentación del área y la disparidad de criterios entre los profesores adscritos a la misma. El resultado de estos procesos es oneroso para las arcas públicas y para las finanzas de los participantes. También puede ser muy negativo para el trabajo y la carrera científica de los participantes, porque la confusión reinante en el área puede dar lugar a decisiones basadas en criterios subjetivos, ideológicos, de pertenencia a familias matemáticas, etc., ajenos a los logros científicos en el ámbito de la Matemática Aplicada. Por ejemplo, una posibilidad muy real, dado el sistema actual y la composición del profesorado del área, es que ningún habilitado en los concursos de Matemática Aplicada en un futuro previsible sea un matemático aplicado capaz de decir algo relevante en algún campo de las aplicaciones.

A menos que el número de habilitados supere con creces al de plazas que se ofrecen, y se habilite a un número suficiente de matemáticos aplicados verdaderos, no se creará un mercado en el cual las universidades puedan elegir según sus necesidades. ¿Podrá entonces extrañar a alguien que no se oferten plazas de nueva creación en número razonable?. Se ha tratado de remediar la endogamia de la Universidad legislando sin pararse a pensar en las consecuencias. Hoy día, no se le ocurre a nadie empezar a fabricar un motor

o construir un avión sin entender primero cómo funciona, y sin modelar, simular numéricamente y experimentar a pequeña y después a gran escala. Pues bien, el diseño de la Universidad, del cual depende en buena medida el futuro de nuestra sociedad, parece estarse haciendo sin prever efectos indeseables, sin simulaciones o experimentos a pequeña escala. Para erradicar la endogamia, resultaría más efectivo diseñar mecanismos de financiación competitivos que penalicen gravemente tener personal incompetente en los departamentos universitarios.